

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: X2008223037

UDC_____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 LabVIEW 的燃油调节器测试系统设计

The design of test system for fuel metering unit based on

LabVIEW

叶汉华

指导教师姓名: 罗德林 副教授

专 业 名 称: 控 制 工 程

论文提交日期: 2013 年 月

论文答辩时间: 2013 年 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2013 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

飞机维修的存在是航空业获得发展和获取利润的关键因素，飞机维修不仅为航空公司运行提供安全保障，并确保飞机的持续适航状态，而测试是飞机维修必不可少的关键环节。近年来，随着科学技术的发展，传统测试仪器的诸多缺点逐渐显示出来。计算机、电子技术的发展推动了虚拟仪器技术的发展，使测试仪器趋向于柔性化，有利于用户根据自己的需要组建适合自己的测试系统，而且在硬件不发生变化或变化很小的情况下，可实现测试系统的扩展、更改和升级，整个测试系统灵活方便、成本低、效率高。

本文针对飞机发动机的燃油调节器产品，根据其各项性能测试的要求，结合当前虚拟仪器技术的现状和发展趋势，通过选取相应的硬件设备，在 LabVIEW 软件平台上完成软件设计，实现了燃油调节器测试系统。首先分析研究了虚拟仪器和图形编程语言 LabVIEW 的构成、特点以及 LabVIEW 的应用现状；然后分析了燃油调节器特性和测试相关参数基本测量原理及方法。在此基础上，进行了系统总体的设计并提出系统的设计要求和设计原则，构建了系统的设计思路以及基本的软件结构、硬件组成。最后采用 PC-DAQ 形式的虚拟仪器和串口通信的方式，对传感器、数据采集卡进行了选型，并采用了现有的信号调理等仪器设备。采用模块化设计思路，将系统功能划分为燃油调节器控制显示、传感器数据采集、校验保存、数据分析处理等模块，设计了系统软件总体框架。

系统的软件设计主要用来实现系统所需的功能：对燃油调节器的控制及某些性能参数的采集、显示、读取与绘制特性曲线；并且具有良好的人机界面，方便操作。与传统测试仪器相比，虚拟仪器充分利用计算机强大的图形用户界面来操作整个系统，进行数据的显示、存储和处理，提高了测量精度和数据处理的准确性，减少了测试劳动强度和测试时间。

关键词：燃油调节器；虚拟仪器；数据采集.

ABSTRACT

Aircraft maintenance is a key factor for the development of the aviation industry and profit, which not only provides safety airline operations, but also ensures the aircraft airworthiness status, while the test process is a key link to aircraft maintenance. In recent years, with the development of science and technology, the disadvantages of traditional testing instruments have appeared. The development of computer and electronic technology has promoted the development of virtual instrument technology which becomes more and more flexible. And it not only benefits to the user to form a suitable test system in according with their own needing, but also the test system can be expanded, changed and upgraded with small change or no change in hardware. The whole system becomes flexible, convenient, low cost and high efficiency.

The fuel metering unit test system to be discussed in this paper is completed based on the LabVIEW platform and according to the aircraft engine fuel metering unit and the test requirements of unit performance, by combining with the present situation and development trend of virtual instrument technology and selecting the corresponding hardware. The paper firstly, studies the composition, characteristic and application of virtual instrument and graphic programming language about LabVIEW; and then analyzes the fuel metering unit's characteristics, test, the basic principle and method of measurement. Secondly, designs the overall system based on the analysis, defines the system design requirements and design principles then forms the overall system, the basic structure and hardware construction. Finally, on the basis of PC-DAQ virtual instruments and the serial communication, the testing system selects the sensor and data acquisition card, and uses the existing signal conditioning equipment. The overall framework of the system software is built by using modular design and the system function is divided into fuel regulator control display, data acquisition, storage, data analysis and processing module.

The software design of the system is mainly used to achieve the required functions of the system: the fuel regulator control and the collection of some performance parameters, display, reading and drawing characteristic curve; and good man-machine interface, easy operation. Compared with traditional instrument, virtual instrument makes full use of the graphical user interface of powerful computer to operate the whole system to achieve display, storage and processing of the data, to improve the accuracy of measurement and data processing accuracy and to reduce labor intensity of the test and the test time.

Key Words: Fuel Metering Unit; Virtual Instrument; Data Acquisition.

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 国内外研究状况	1
1.2.1 测试仪器的的发展历史	1
1.2.2 燃油调节器测试技术的发展现状	3
1.3 研究内容和技术路线	4
第 2 章 虚拟仪器与 LabVIEW 简介	6
2.1 虚拟仪器的概念和特点	6
2.2 虚拟仪器的体系结构	7
2.2.1 虚拟仪器的硬件构成	7
2.2.2 虚拟仪器的软件结构	8
2.3 LabVIEW 软件介绍	9
2.3.1 LabVIEW 的概述	9
2.3.2 LabVIEW 应用程序的构成	10
2.3.3 LabVIEW 的应用现状	10
2.4 本章小结	11
第 3 章 系统的总体设计	12
3.1 燃油调节器的介绍	12
3.1.1 燃油调节器的概述	12
3.1.2 燃油调节器的工作原理	13
3.1.3 燃油调节器的其他功能	14
3.2 相关概念及基本原理	14
3.2.1 LVDT 的测量原理	15
3.2.2 电感式接近开关的测量原理	16
3.2.3 电液伺服阀的测量原理	17
3.2.4 磁滞和速率特性的基本概念	19
3.3 对燃油调节器测试系统的要求	20

3.4 系统设计原则	21
3.4.1 硬件设计的基本原则	21
3.4.2 软件设计的基本原则	21
3.5 系统设计思路	22
3.6 系统的总体构架	22
3.7 本章小结	23
第 4 章 系统硬件设计	24
4.1 测试平台对 PC 机的要求	24
4.2 数据采集卡	25
4.2.1 PCI-MIO-16E-4 数据采集卡介绍	26
4.2.2 PCI-6221 数据采集卡介绍	27
4.3 信号调理装置	29
4.4 传感器	29
4.4.1 流量计传感器	30
4.4.2 压力传感器	31
4.4.3 温度传感器	32
4.5 本章小结	33
第 5 章 系统软件设计	34
5.1 总体设计思路	34
5.2 程序设计	35
5.2.1 主界面设计	35
5.2.2 燃油调节器控制显示模块设计	38
5.2.3 传感器数据采集模块设计	39
5.2.4 信号分析处理模块设计	42
5.2.5 温度越限报警模块设计	43
5.2.6 数据存储模块设计	44
5.3 本章小结	44
第 6 章 结 论	45
参考文献	46
致 谢	48

CONTENTS

CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
1.1 Research objective and significance of the thesis	1
1.2 Research status at home and abroad	1
1.2.1 History of development of fuel metering unit testing instrument.....	1
1.2.2 Development situation of fuel metering unit testing technology.....	3
1.3 Main contents of the thesis.....	4
CHAPTER2 INTRODUCTION OF VIRTUAL INSTRUMENT AND	
LABVIEW	6
2.1 Concept and characteristics of virtual instrument.....	6
2.2 System consists of virtual instrument	7
2.2.1 Hardware configuration of virtual instrument.....	7
2.2.2 Software structure of virtual instrument	8
2.3 LabVIEW introduction	9
2.3.1 LabVIEW overview.....	9
2.3.2 Configuration of LabVIEW application program	10
2.3.3 LabVIEW application status	10
2.4 Chapter conclusion	11
CHAPTER3 OVERALL DESIGN OF SYSTEM	12
3.1 Introduction of fuel metering unit	12
3.1.1 Overview of fuel metering unit.....	12
3.1.2 Working principle of fuel metering unit.....	13
3.1.3 Other functions of fuel metering unit.....	14
3.2 Other related concepts and basic principle	14
3.2.1 Measuring principle of LVDT	15
3.2.2 Measuring principle of inductive switch	16

3.2.3 Measuring principle of torque motor	17
3.2.4 Basic concept of hysteresis and slew ratio	19
3.3 Requirements for fuel metering unit testing system	20
3.4 Design principle of the system	21
3.4.1 Basic principle on hardware design	21
3.4.2 Basic principle on software design	21
3.5 System design ideas	22
3.6 Overall framework of the system	22
3.7 Chapter conclusion	23
CHAPTER4 HARDWARE DESIGN OF THE SYSTEM	24
4.1 Requirements for computer on the system	24
4.2 Data acquisition card	25
4.2.1 Introduction of PCI-MIO-16E-4	26
4.2.2 Introduction of PCI-6221	27
4.3 Signal conditioning device	29
4.4 Sensor	29
4.4.1 Flow meter sensor	30
4.4.2 Pressure sensor	31
4.4.3 Temperature sensor	32
4.5 Chapter conclusion	33
CHAPTER5 SOFTWARE DESIGN OF THE SYSTEM	34
5.1 Overall design ideas	34
5.2 Program design	35
5.2.1 Main interface design	35
5.2.2 Module design of controlling and display for fuel metering unit	38
5.2.3 Module design of data acquisition for sensor	39
5.2.4 Module design of signal analysis and processing	42
5.2.5 Module design of temperature alarm	43
5.2.6 Module design of data storage	44

5.3Chapter conclusion	44
CHAPTER 6 CONCLUSION	45
REFERENCES	46
ACKNOWLEDGEMENTS	48

厦门大学博士论文摘要库

第1章 绪论

1.1 研究目的及意义

我国航空业正处于蓬勃迅速发展阶段，飞机已经成为出远门最佳选择，那么飞机安全性变成人们最关注的焦点，发动机是飞机的核心，而燃油调节器则是航空动力界公认发动机中结构较为复杂、控制功能较为完善的全功能机械液压式控制器。为保证产品质量，其出厂检测项目有数十项、检测参数数目多且精度要求高。在原有的机械液压式测试台上检测，存在人工控制、读表、记录数据效率低、数据同步性差、纯手动方式测试受人为因素影响大等问题。随着控制理论、信息处理技术、微电子技术、计算机辅助测量、仪器仪表、液压技术和精密机械技术的不断发展和有机结合，逐渐形成了一门新兴的综合性跨学科的技术。这必然会涉及到测试问题，这种测试不是传统意义上的纯手工测试方法，而是一种借助于计算机和测控、虚拟仪器技术的自动化测试方法。

燃油调节器是一种高性能、高精度的流量电液控制精密装置，既有信号转换元件又有功率放大元件，且有快速的动态响应和良好的静态特性。其性能的优劣将直接影响到发动机稳定性和寿命，因此燃油调节器的测试就显得尤为重要。在燃油调节器的维修中，燃油调节器测试的环节对于燃油调节器维修的故障确认、排故起指导性作用并能确保它满足民用航空器适航性^[1]。

因此，如何设计燃油调节器测试台性能测试系统，对提高维修效率和飞机的安全性具有十分重要的意义。

1.2 国内外研究状况

1.2.1 测试仪器的发展历史

迄今为止，测试测量仪器的发展大致经历了4个阶段。

1、模拟式仪器

18世纪末至20世纪初，科学家在发现描述物理现象的定律之后，发明了基于物理定律的模拟式仪表。早期的基于物理定律的模拟式仪表，最典型的有伏特

表、安培表、功率表、压力表和测温仪以及随后发明的电桥电位差计等磁电式模拟仪表。这些仪表虽然简单但都解决了当初许多物理量的测量问题。

自 20 世纪初至 50 年代,测量仪器表的材料及零部件的性能有了较大的发展,出现了电子管、离子管这类全新的电子器件。同时,测试测量的理论和方法与新兴的电子技术、控制技术相结合,又出现了电子仪器仪表,产生了以记录仪、电子示波器、信号发生器等为代表的模拟式电子仪器。

它们的特点是结构简单、成本较低、易于维护,但精度低。

2、数字仪器

20 世纪 50 至 60 年代,随着晶体管与集成电路的出现,数字技术在测试测量仪器中获得成功的应用。出现了数字式仪表如数字电压表、数字电流表、数字频率计、数显表、记忆示波器等第二代数字式测量仪器的典型代表。

数字式仪器的特点是将模拟信号的测量转变为数字信号的测量并以数字形式显示和输出测量结果。这类仪器特别适用于要求快速响应和高精度的测量领域。

3、智能仪器

在数字式仪器中置入微处理器,将计算机技术与仪器仪表技术紧密结合,使仪器具有数据存储、数据处理(即运算)、逻辑判断、自动选程、自动补偿、仪器自检等功能,从而部分取代人脑的工作,因此称这类仪器为智能仪器。这种将计算机技术与仪器技术充分结合的智能仪器,已成为现代仪器仪表的主流。但是应该看到智能仪器的功能模块主要还是硬件和固化软件,就整体而言它还是硬件或以硬件为主的仪器,因此仍然具有一定的封闭性和缺乏灵活性等传统仪器的缺点。为此,一种新的仪器模式不仅成为仪器仪表领域中的需要,而且呼之欲出。

4、虚拟仪器

20 世纪 80 年代中期,随着计算机技术和电子技术的飞速发展,在以计算机为平台的测控仪器中软件和总线的作用日益突出,测试仪器的物理功能越来越多,需要计算的功能越来越强,传统的硬件化仪器的固有缺点(如封闭性、缺乏灵活性、响应速度慢等)已使它越来越不能满足测试仪器功能日益强大的要求,因此用软件取代硬件便成为仪器仪表领域一个迫切需要解决的问题;同时因为被测对象的频率范围越来越宽,因此要求总线具有相应的高速数据传输能力和灵活的扩展性能;另外,面对各种各样复杂的测试要求,希望软件系统不仅能完成测试所需的功能,而

且还要易于使用。计算机总线技术、软件技术及相关技术的发展,使得微机在计算机仪器上的作用远远超出了计算机仪器发展初期主要是用来完成控制的范围。特别是近十年来出现的数字信号处理器(DSP),它与微机软件相结合将产生强大的计算与控制能力,这使其在一定的实时性要求下取代了许多原来由硬件完成的功能并能完成许多硬件不能胜任的功能,这标志着“软件即仪器”被称为“虚拟仪器”,它是继智能仪器之后的第4代仪器系统。虚拟仪器不仅使仪器技术与计算机软、硬件技术和总线技术紧密结合,而且还采用了数字信号处理,系统辨识和数学建模等现代方法。虚拟仪器的出现是对传统仪器观念的一次变革,是21世纪测控仪器的重要发展方向^[2]。

1.2.2 燃油调节器测试技术的发展现状

在燃油调节器测试中,需要测量多个相关的参数,如流量、位移、电流、电压、压力、温度等。整个燃油调节器测试台测试装置是一个集中的测试系统,在测试过程中,操作人员需要对各项参数进行实时监控,随时调整工况,并且需要记录各个时刻的参数值。早期的燃油调节器测试测试台的纯手动化,在测试过程中需要工作人员作相应的操作和记录,极大地浪费了人力物力。而且不可避免地引入人为误差,测试的精度不高,实时性差,已经不能满足现阶段发展的要求。

随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,燃油调节器测控技术也在不断进步,微机化的测控系统已越来越多地应用于燃油调节器领域。此类系统能够自动完成数据采集、显示、记录、数据处理和特性曲线绘制等,可以实时监测跟踪测试过程中燃油调节器各性能参数的变化,从而实现燃油调节器测试的自动化^[3-4]。

虚拟仪器的发展主要沿着两条技术路线:一条是向高速、高精度、大型自动测试设备方向发展,即 GPIB(General Purpose Interface Bus)—VXI(VME bus Extension for Instrumentation)—PXI(PCI Extension for Instrumentation)的发展路线,另一条是向高性能、低成本、普及型系统方向发展,即 PC—并口式—串口 USB/Fire Ware,两者所应用场合不同各有其特点。

总的说来,现在虚拟仪器技术作为现代仪器发展的一个全新的方向,在发达国家的应用已非常普及,虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件,结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用,其精度高,功能更好一些,而且在某些要求场合比较高的方面,测试内容针对性较普遍,专业性强。而我国

基本上尚属起步阶段，然而，它所体现出的优势，使虚拟仪器技术领域这一巨大的潜在市场越来越多被厂商所看中，同时供求的矛盾也要求科技研发人员加快该技术领域及其产品的开发。可喜的是，国内各个大专院校的测试仪器开发人员针对各个研究方向和特点，在对虚拟仪器技术的研究消化过程中，已取得了一批瞩目的成果。其中，重庆大学已研制成功多线示波器，数据记录仪等多功能虚拟测试仪^[5-6]。当然，与国外虚拟仪器技术相比在操作系统、功能扩展等方面还存在一些差距，总的应用范围来说也相对少一些，但是正在处于快速上升趋势。

1.3 研究内容和技术路线

本文介绍了以计算机为核心，采用现有信号调理器、传感器、数据采集卡以及 Windows 环境下的 LabVIEW 处理软件，设计燃油调节器测试台性能测试系统。本文主要研究的内容按下面进行：

- 1、详细介绍了虚拟仪器技术的概念、特点和体系结构，分析了虚拟仪器硬件、软件构成及 LabVIEW 应用程序构成和应用现状。
- 2、对燃油调节器测试有关概念原理进行介绍和分析并根据其性能测试原理并确定系统的设计思路。制定系统能够完成驱动燃油调节器电液伺服阀、数据采集、显示、测试曲线绘制、实时监测测试过程中燃油调节器各性能参数的变化等功能。
- 3、根据需要测量的参数选择相应的硬件和配置并分析硬件构成，为后续的开发工作做准备。
- 4、根据系统的技术需求和功能要求按照模块化的方法制订出系统的研发计划并将功能模块逐个进行编程，从燃油调节器控制显示、传感器数据采集、数据分析处理、温度监测报警等方面进行优化设计与调试。然后再通过编程将各个模块进行联系组合完成软件设计。
- 5、整合集成软硬件，完成燃油调节器测试系统的设计。
- 6、对所做工作进行了总结，对未来的研究作了展望。

根据本课题的研究内容，制订技术路线研究框架见图 1-1：

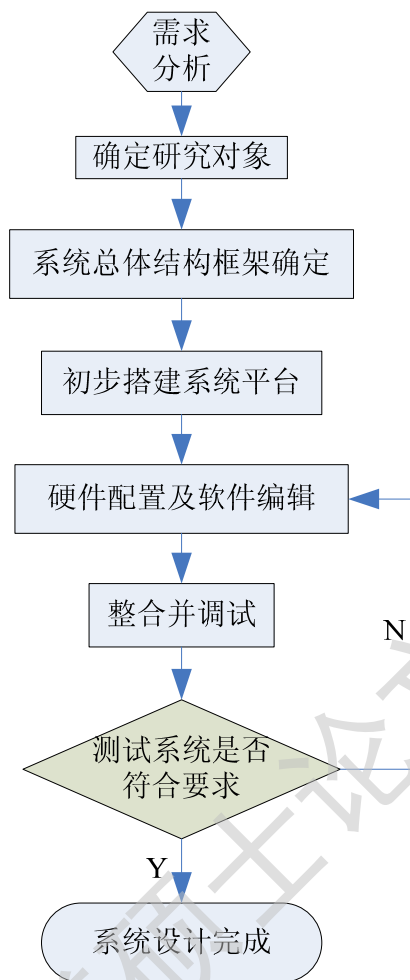


图 1-1.技术路线研究框架

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库